

Elever som forskere i faget natur/teknologi – bedre læring med ny model



Annette Tingstad, ph.d.,
nyuddannet lærer i natur/
teknik, fysik/kemi og
matematik fra UCC Bornholm.

Abstract: Artiklen introducerer den amerikanske undervisningsmodel *Seeds of Science/Roots of Reading*® for danske læsere. *Seeds/Roots*® er en multimodal tilgang til læring hvor eleverne arbejder undersøgelsesbaseret og sammenligner deres aktiviteter i klasseværelset med forskeres. Til modellen hører et tværfagligt program der kombinerer natur/teknologi med modersmålsundervisning. Modellen er positivt modtaget af elever og lærere, og undervisning med modellen har vist gode resultater. I artiklen argumenteres for at det vil være hensigtsmæssigt at forske videre med udgangspunkt i *Seeds/Roots*® i Danmark samt at arbejde for at få læringsressourcerne videreudviklet i en dansk kontekst, oversat til dansk og gjort tilgængelige for danske lærere.

Indledning

I denne artikel vil jeg introducere den amerikanske undervisningsmodel *Seeds of Science, Roots of Reading*® (*S/R*) for danske læsere. Modellen er positivt modtaget af elever og lærere i USA og Norge, og undervisning med modellen har vist gode resultater hvad angår elevernes indholdsforståelse, ordforråd, læseforståelse og skriftlige formidlingsevne i naturfag. I artiklen vil jeg formidle min forståelse af hvad *S/R* er, hvor i verden modellen bruges, hvilke erfaringer der er gjort med den, samt hvilken betydning jeg vurderer at modellen kan få for undervisning og læring i natur/teknologi (N/T) i den danske folkeskole.

De *Forenklede Fælles Mål* i N/T, der bliver obligatoriske i DK fra det kommende skoleår (2015/16), passer godt sammen med *S/R*. Ifølge disse mål skal eleverne inden for hvert af de fire kompetenceområder “undersøgelse”, “modellering”, “perspektivering” og “kommunikation” opfylde et kompetencemål som eleven gradvist skal beherske. Kompetencemålene er summen af målparrene i en række færdigheds- og

vidensmål, og på baggrund af dem opstilles i skolen konkrete læringsmål for eleverne. *S/R* er bygget op omkring lignende læringsmål for eleverne og indeholder centralt naturfagligt stof. Det er min opfattelse at det vil være hensigtsmæssigt at forske videre med udgangspunkt i *S/R* i DK samt at arbejde for at få undervisningsmaterialet fra *S/R* videreudviklet i en dansk kontekst, oversat til dansk og gjort tilgængeligt for danske lærere.

Jeg har studeret *S/R* under et studieophold i USA i 2014 samt under flere studieophold i Norge, og jeg har undervist ud fra modellen i to praktikker i folkeskolen. Mine personlige erfaringer med *S/R* bekræfter det billede der i artiklen gives af modellen, samt de resultater der er opnået med den internationalt.

Hvad er Seeds of Science, Roots of Reading® (*S/R*)?

S/R er en prisbelønnet og forskningsbaseret undervisningsmodel med et tilhørende program for undervisningen i N/T der er grundigt afprøvet i praksis¹. Programmet er såkaldt *inquiry based* og indeholder materiale til undersøgelsesbaseret undervisning i en række naturfaglige emner. Modellen er udviklet ved *University of California*, Berkeley, USA i et samarbejde mellem universitet (*The Lawrence Hall of Science*) og professionshøjskole (*The Graduate School of Education*). Programmet er tilpasset elevernes forudsætninger og tager udgangspunkt i elevernes forkundskaber. I *S/R* arbejder eleverne udforskende og sammenligner deres aktiviteter i skolen med naturvidenskabelige forskeres praksis. I *S/R* undervises eleverne eksplicit i relevante naturfaglige emner med henblik på at undersøge, læse, skrive, argumentere og præsentere på lignende måder som forskere.

S/R er et samarbejdsprojekt mellem et naturvidenskabeligt team (*science team*) ledet af Jacqueline Barber og et tilsvarende læse- og skrivefærdighedsteam (*literacy team*) ledet af professor David Pearson. Barber er leder af *LHS Center for Curriculum Development and Implementation* ved *The Lawrence Hall of Science (LHS)*, Berkeley. Hun har arbejdet med naturfags- og matematikundervisning i grundskolen i mere end 25 år og er forfatter til en række lærervejledninger der omhandler undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning. Pearson har været *Professor of Education* i Michigan, dekan ved *The Graduate School of Education*, Berkeley og er nu tilknyttet *University of California*, Berkeley. I sin forskning har han haft særligt fokus på læsevejledning og evaluering i skolen.

S/R kombinerer undersøgelsesbaserede naturfaglige *hands-on* aktiviteter med sproglige aktiviteter i naturfag. De praktiske, naturfaglige udforskninger suppleres

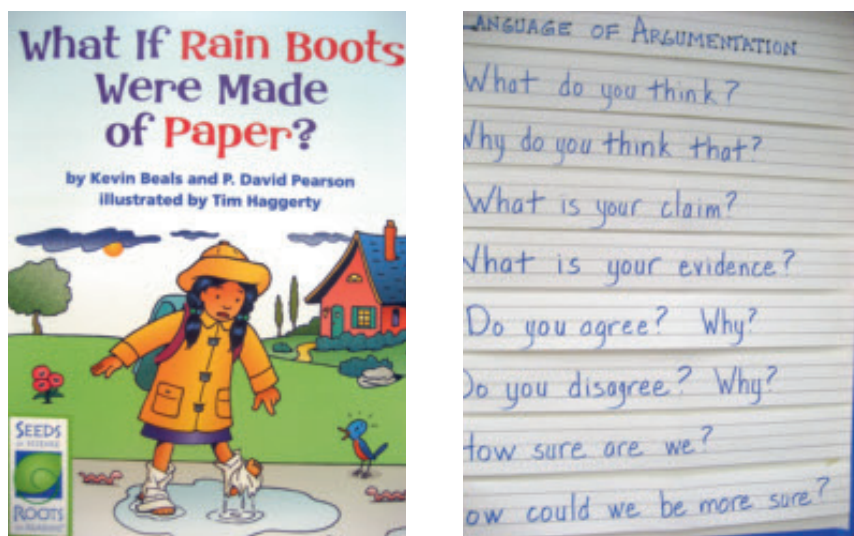
1 De oplysninger om *Seeds/Roots*® der i dette afsnit fremstår som udokumenterede, kan findes på projektets hjemmeside <http://www.scienceandliteracy.org/>.

med såkaldte *second-hand* undersøgelser hvor eleverne udforsker hvad andre har fundet ud af om et aktuelt naturfagligt emne. Det sidste gør eleverne for at indlede, eller uddybe, resultaterne af egne undersøgelser – på lignende måde som naturvidenskabelige forskere gør.

Eleverne lærer at stille spørgsmål til naturen, at udforske naturen grundigt på baggrund af spørgsmålene, at læse om andres resultater på området, at notere fund og holde orden på noterne, at skrive instruerende tekster, at opstille påstande og argumentere for dem på baggrund af evidens samt at præsentere resultaterne af undersøgelserne for andre. Eleverne lærer at sammenligne deres aktiviteter i klasseværelset med naturforskeres. I elevbogen *Why do scientists disagree?* (Cervetti, 2010) lærer eleverne at forstå hvorfor forskere nogle gange er uenige, samt at denne uenighed er væsentlig for at drive forskningen videre. De lærer også at det naturvidenskabelige samfund er verdensomspændende.

I tillæg til læse- og skrivefærdigheder omfatter begrebet *literacy* i *S/R* mundtlige og kommunikative færdigheder som at lytte og tale om naturfag samt kendskab til faglige udtryk og begreber. Et centralt element i *S/R* er at undervisningen skal være eksplicit, dvs. klar og tydelig. Læreren synliggør og begrundes sine pædagogiske valg for eleverne så eleverne forstår hvorfor de arbejder som de gør. Eksplicit undervisning har vist sig at være med til at øge elevernes motivation og mestring af læringsstrategier og selvreguleret læring (Ødegaard, 2010).

At *S/R* er *inquiry based* betyder at programmet bygger på en undersøgelsesbaseret metodisk tilgang til undervisning og læring i naturfag, såkaldt *Inquiry Based Science Education (IBSE)*. I *S/R* forstås *IBSE* som en metodisk tilgang der er drevet af nysgerrighed (Wireless Generation, 2012). Tilgangen indebærer at eleverne undrer sig, stiller spørgsmål og gør observationer. Den indebærer at læse bøger for at finde ud af hvad andre har lært, planlægge undersøgelser samt at samle og analysere tekster. Den indebærer at reflektere over hvad man lærte i lyset af ny evidens, og foreslå forklaringer og forudsigelser. Den kræver brug af kritisk og logisk tænkning samt evne til at ændre sine forestillinger når det er nødvendigt. Også gode læsere undrer sig på lignende måder, og information fra tekster er en vigtig kilde til evidens. Af disse grunde er *IBSE* valgt som en af de centrale lærings- og undervisningsstrategier i *S/R* (ibid.). I figur 1 og 2 ses eksempler på åbne spørgsmål som eleverne kan stilles i *S/R*. Spørgsmålet i figur 1 er hentet fra omslaget på en elevbog (Beals & Pearson, 2007).



Figur 1 og 2. At stille åbne spørgsmål som eleverne selv søger svar på, er en gennemgribende læringsstrategi i *Seeds/Roots*®. © 2014 by the Regents of the University of California

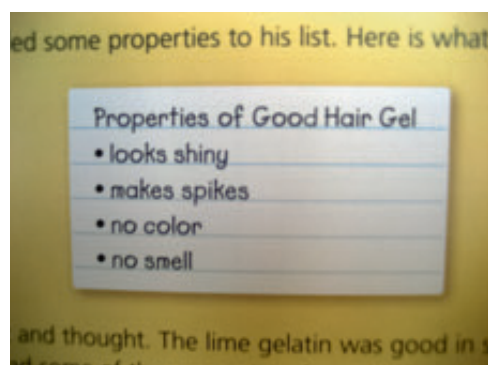
Forlaget Amplify² (2013) oplyser at *S/R* er en tilgang til læring hvor læse- og skriveaktiviteter i naturfag understøtter elevens tilegnelse af naturfaglige begreber og undersøgelsesbaserede færdigheder, samtidig med at de udforskende naturfaglige aktiviteter tjener som en naturlig kontekst for udvikling af elevens læse- og skrivefærdigheder. Naturvidenskabelige forskere bevæger sig frem og tilbage mellem tekst og erfaring – og gentager ideelt set denne proces til de har fundet svar på deres spørgsmål. Ophavsmændene og -kvinderne bag *S/R* har fundet det naturligt at give eleverne de samme muligheder (ibid.).

Et af de ledende principper i *S/R* er at engagere eleverne i førstehånds- og andenhåndsundersøgelser for at skabe forståelse af naturen i og omkring sig (ibid.). Gennem førstehåndsundersøgelser (der er praktiske og sansebaserede) engageres eleverne til at foretage observationer, gennemføre eksperimenter, modellere videnskabelige fænomener, samle data og søge evidens. Gennem andenhåndsundersøgelser (der oftest er tekstbaserede) engageres eleverne til at skabe forståelse for forskellige undersøgelser samt for data der præsenteres i tekst og gennem andre andenhåndskilder som bøger, artikler, rapporter, præsentationer og samtaler med de øvrige elever. Når man følger modellen og programmet i *S/R*, bevæger eleverne sig frem og tilbage mellem førstehånds- og andenhåndsundersøgelser ligesom forskere gør.

2 *S/R* har skiftet forlag fra *Wireless Generation* til *Amplify*.

Et andet ledende princip er at anvende mangfoldige læringsstrategier i naturfag. Eleverne engageres i at nå centrale og eksplicite læringsmål ved at gøre erfaringer med et aktuelt emne på forskellige måder. Mottoet for S/R er: *Do it! Talk it! Read it! Write it!* Eller på dansk: *Gør det! Sig det! Læs det! Skriv det!* Dette motto følges afvekslende og konsekvent i programmet.

Et eksempel er i undervisningsforløbet *Designing Mixtures* hvor eleverne udforsker blandinger. De læser om drengen Jess som ønsker at lave hårgelé (Barber, 2007). Ved at prøve sig frem med forskellige ingredienser og blive ved på en systematisk måde til han får et tilfredsstillende resultat, skitserer Jess for eleverne hvad en fremstillingsproces kan gå ud på (*Læs det!*). Se figur 3 og 4.



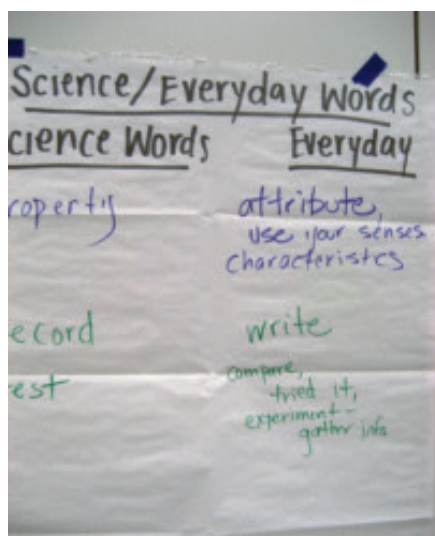
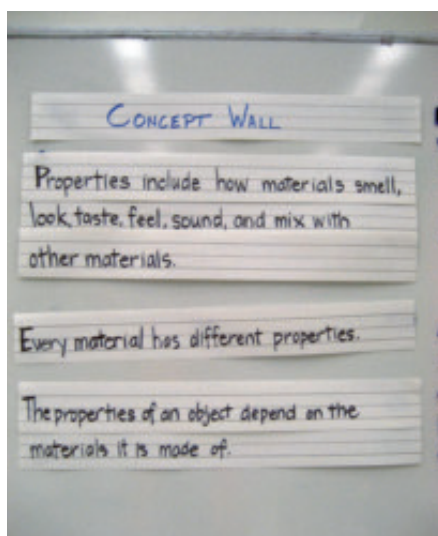
Figur 3 og 4. I elevbogen "*Jess Makes Hair Gel*" tænker Jess sig godt om før han prøver sig frem med at fremstille hårgelé. Han opstiller en liste over få, centrale egenskaber som han mener at en god hårgelé skal have. © 2014 by The Regents of the University of California

I elevbogen afrunder Jess sine aktiviteter med at skrive opskriften på den færdige hårgelé ned og gøre den synlig for læseren.

Derefter går eleverne selv igennem en lignende fremstillingsproces hvor de bruger nogle af de samme ingredienser som Jess brugte til hårgelé. Ingredienserne bruger eleverne til at lave lim mens de undersøger om procedurerne virker. Eleverne gennemfører forsøg med forskellige, mulige ingredienser i lim for at samle evidens for hvilken ingrediens der har stærkest klæbende egenskaber (*Gør det!*). I en lille elevhåndbog søger eleverne efter andenhåndsevidens vedrørende ingredienser der kan have de egenskaber de søger for at lave en god lim (*Læs det!*). Eleverne evaluerer hvad de har lært om ingredienser, for at afgøre hvilken kombination af ingredienser der bedst kan nå de mål de har opsat for deres lim (*Sig det!*). Eleverne skriver procedurer for hvordan man kan lave god lim, baseret på de mest overbevisende former for evidens de har samlet (*Skriv det!*).

Et tredje ledende princip i *S/R* er at drage fordele af potentielle synergieffekter mellem naturfag (*science*) og grundlæggende læse-, skrive- og talefærdigheder (*literacy*), dvs. af samspillet mellem disse fagområder på en måde hvor de gensidigt kan forstærke hinanden. Forholdene lægges til rette så den kombinerede effekt kan blive større end summen af hvert enkelt områdes selvstændige bidrag. Det er fx tilfældet når de to områder har kompletterende eller sammenfaldende læringsmål, kognitive processer og/eller diskurspraksisser. Et eksempel herpå er begrebslæring som er central i både *science* og *literacy*, og som *S/R* lægger stor vægt på.

Ved at eleverne møder de samme fagbegreber igen og igen, i mange forskellige sammenhænge i *S/R*, er det hensigten at begreberne gradvist internaliseres. Eleverne møder begreberne når de læser naturfaglige bøger, når de tager noter, i forklaringer og rapporter, når de samtaler om deres undersøgelser, og mens de foretager undersøgelserne. Det er vigtigt at eleverne kan se forbindelser mellem hverdagssprog og naturvidenskabeligt sprog. *S/R* anerkender og tager udgangspunkt i elevernes hverdagssprog, mens programmet konsekvent giver tilgang til og opmuntrer eleverne til at bruge naturvidenskabeligt sprog når de taler og skriver om naturfag. Læreren selv bruger de korrekte naturfaglige begreber. Central i undervisningen er den såkaldte begrebsvæg (se figur 5) hvor nøglebegreber, som fx egenskab (*property*), tydeliggøres og forklares. Central er også en fælles udarbejdet liste hvor eleverne i samarbejde med læreren sammenligner aktuelle naturfaglige begreber med hverdagsord (figur 6). Eventuelle misopfattelser har god mulighed for at komme frem i lyset så de kan korrigeres.



Figur 5 og 6. Eksempler på en begrebsvæg samt en liste over naturfaglige begreber der sammenlignes med hverdagsord. Fra the Lawrence Hall of Science, Berkeley, USA. © 2014 by the Regents of the University of California

Meningsskabende aktiviteter har en stor plads i *S/R* – undervisningen skal give mening og have betydning for eleverne i deres dagligdag. Gennem første- og andenhåndsaktiviteter engageres eleverne med henblik på at skabe mening om verden (Ødegaard, 2011). Gennem erfaring, samtale og tekst lærer eleverne at forstå den naturvidenskabelige praksis, herunder hvad forskere gør, og hvorfor de gør det. Eleverne lærer at forstå at naturvidenskabelig kundskab baserer sig på evidens, at kunne skelne mellem observationer og slutninger, at det naturvidenskabelige samfund kontinuerligt søger at forfine og udvide sine forklaringer, samt at det at bedrive naturvidenskab ikke kun handler om at tilegne sig fakta, men også indebærer en hel del kreativitet.

Den undersøgelsesbaserede tilgang til læring i S/R

Som nævnt er *S/R* en såkaldt *inquiry based* eller undersøgelsesbaseret metodisk tilgang til undervisning og læring i naturfag. Ovenfor er kort forklaret hvad dette betyder i *S/R*. Her skal dette punkt uddybes i overensstemmelse med anvisninger fra forlaget Wireless Generation (2012).

S/R følger en såkaldt læringscyklus for undersøgelsesbaseret undervisning der bygger på omfattende forskningsresultater (ibid., s. 19). Faserækkefølgen i læringscyklen tjener til at hjælpe eleverne med at forstå hvordan den udforskende proces kan anvendes til at besvare vigtige naturfaglige spørgsmål. Cyklen er udformet forskelligt fra klassetrin til klassetrin. Der gælder én cyklus for (amerikanske) *Grades* 2-3, en anden for *Grades* 3-4 og en tredje for *Grades* 4-5. Det svarer nogenlunde til 2.-3., 3.-4. og 4.-5. klasse i Danmark, bortset fra at eleverne i USA gennemsnitligt er et år yngre end på tilsvarende klassetrin i Danmark idet amerikanske børn begynder i skole et år tidligere.

I hvert af undervisningsforløbene i *S/R* fokuseres på forskellige aspekter af den undersøgte virkelighed. Det kan eksempelvis være kroppens systemer eller kemiske forandringer. Alle forløb guider desuden eleverne igennem en komplet læringscyklus på det relevante niveau. Cyklen begynder med at klassen formulerer spørgsmål som eleverne gerne vil finde svar på. Når de i forløbet undersøger naturfaglige spørgsmål – der mange gange er formuleret af dem selv og andre gange af læreren – får eleverne gradvist erfaring med alle faser i læringscyklen. Der er indarbejdet en tydelig faglig progression fra cyklus til cyklus (ibid., s. 19).

I undervisningsforløbene i *S/R* guides eleverne til at forstå at naturvidenskabsmænd og -kvinder ikke blot går igennem de forskellige faser i en læringscyklus trin for trin. Tit går de frem og tilbage mellem faserne og forfiner deres idéer efterhånden som de bygger nye kundskaber og færdigheder op på baggrund af evidens.

I *S/R* lægges der vægt på at eleverne skal indse at selvom naturvidenskabelige undersøgelser er bygget logisk op, følger de ikke nødvendigvis en mekanisk og trinvis proces. Det skal blive tydeligt for eleverne at der ikke kun er én rigtig naturvidenskabelig

metode. Det skaber plads til kreativitet og forståelse for betydningen af individuelle bidrag til den stadig voksende mængde af naturvidenskabelig viden (ibid., s. 21).

S/R fokuserer især på at eleverne udvikler færdigheder i kritisk tænkning på baggrund af velunderbyggede forklaringer. Eleverne skal lære at bruge evidens til at danne og bidrage med logiske forklaringer. For at hjælpe eleverne med denne centrale læringsproces i naturfag følger S/R en udviklingsvej der gør eleverne stadig mere kompetente i den måde de anvender evidens på til at skabe logiske forklaringer (ibid.).

Til at begynde med søger eleverne efter evidens der kan understøtte deres idéer. Det kan være enten førstehånds- eller andenhåndsevidens eller begge dele. Her identificerer eleverne relevante spor der kan understøtte det de forsøger at finde ud af. Det kan de eksempelvis gøre ved at foretage observationer og bruge udstyr der udvider sanserne, som fx lup. De kan også samle informationer fra faglige tekster, tage noter, sortere og klassificere m.m. (ibid.).

Derefter bruger eleverne den samlede evidens til at drage slutninger samt til at skabe forklaringer og forudsigelser. På læringscyklernes højeste niveau bliver dette til hypoteser. Samtidig lærer eleverne at følge de rækker af data de har samlet, på en logisk måde. Eleverne bestemmer årsag og virkning, laver forudsigelser og skaber hypoteser. De kommer med forklaringer baseret på evidens, visualiserer og bruger mentale modeller, sammenligner og kontrasterer. De analyserer data, drager konklusioner, opsummerer, vurderer deres forhåndskundskaber og bringer dem i anvendelse (ibid.).

Herefter bygger eleverne videre på denne viden og disse færdigheder idet de søger efter yderligere evidens der kan understøtte deres idéer. Formålet er at øge tilliden til de konklusioner der kan drages. Eleverne stiller spørgsmål, udforsker spørgsmålene, planlægger en undersøgelse og gennemfører observationer på en systematisk måde. De udfører eksperimenter, bruger modeller, organiserer og fremlægger data (ibid.).

Eleverne skal være parate til at ændre deres idéer og forklaringer når de konfronteres med evidens der trækker i en anden retning, og hvis de overbevises om at ny evidens er vægtig og overbevisende. Til sidst evaluerer og reviderer de modeller, sammenligner og kontrasterer forklaringer. Eleverne reviderer forklaringer, evaluerer betydningen af den samlede evidens og skaber sammenhæng (ibid.).

Den her skitserede forståelse af IBSE i S/R passer godt sammen med mine egne erfaringer med S/R. Eksempelvis da jeg i USA sommeren 2014 undersøgte undervisningsforløbet *Chemical Changes* der giver eleverne en farverig og grundig introduktion til kemi og samtidigt guider dem igennem den mest avancerede læringscyklus i S/R (tilpasset *Grades 4-5*). Eller da jeg i en praktik samme år underviste ud fra forløbet *Digestion and Body Systems* hvor eleverne indledningsvis undersøgte delene i forskellige fascinerende systemer og søgte at forudsige systemernes funktion i overensstemmelse



Figur 7. Materialer til forløbet “Variation and Adaptation”. © 2014 by the Regents of the University of California

med læringscyklen på det mellemste niveau (tilpasset *Grades 3.-4.*). Samt da jeg i Norge i 2014 undersøgte forløbet *Designing Mixtures* med drengen Jess og erfarede at dette forløb passer til en læringscyklus på det enkleste niveau i *S/R* (tilpasset *Grades 2.-3.*).

Undervisningsmaterialet

Undervisningsmaterialet i *S/R* omfatter 12 undervisningsforløb eller *units* der i USA spænder over de fire klassetrin fra *Grades 2-5* hvilket nogenlunde svarer til 2.-5. klasse i vort skolesystem. Til hvert niveau, der i *S/R* som nævnt dækker to klassetrin (fx *Grades 2-3*), hører fire forløb, to “korte” og to “lange”. Det tager ca. 20 timer (a 60 minutter) at gennemføre de korte og 40 timer for de lange. Materialet lægger op til én daglig undervisningstime (a 60 minutter) i skoleforløb på fire uger for korte forløb eller otte uger for lange.

Materialet er udviklet og tiltænkt brugt tværfagligt både i USA og Norge, og i Danmark kan N/T- og dansk-timer med fordel tænkes sammen hvis materialet skal finde fuld anvendelse her. I Danmark kan der være mulighed for også at inddrage engelsk-timer hvis elevbøgerne læses på originalsproget. Vælges denne strategi, kan danske elever tidligt lære at forskere ofte må læse udenlandske tekster for at få andenhåndsviden om et fagligt emne. Det kan give udvidet mening til fremmedsprogundervisningen. I Danmark vil det desuden være oplagt at bruge materialer fra *S/R* i perioder hvor der sættes tid af til faglig fordybelse.

Til *S/R* er udarbejdet undervisningsforløb med titlerne *Levesteder i jorden*, *Kystlinjevidenskab*, *Design blandinger*, *Tyngdekraft og magnetisme*, *Fordøjelsen og kroppens systemer*, *Variation og tilpasning* (figur 7), *Vand og vejr*, *Lysets energi*, *Vandige økosystemer*, *Planeter og måner*, *Kemiske forandringer* samt *Modeller af materien*³. Til

3 Mine oversættelser.



Figur 8. Nogle lærervejledninger og undervisningshæfter fra Seeds/Roots®. © 2014 by the Regents of the University of California

hvert forløb hører fem hovedkomponenter der passer til 32 elever: en lærervejledning, elevbøger, et elevhæfte, et evalueringshæfte og en udstyrskasse med materialer til praktiske aktiviteter.

Lærervejledningen (figur 8) er grundig og omfattende. Den giver trinvis minut-for-minut-instruktioner og anviser forskellige måder at aktivere elevernes forkundskaber på. Materialet er velegnet til undervisningsdifferentiering og imødekommer forskellige elevers behov, herunder tosprogede elever og elever med brug for ekstra udfordringer. Læreren gives først et overblik over den aktuelle enhed, hvilke læringsmål eleverne skal nå, hvilke begreber de skal lære, og hvilke materialer der er brug for. Dernæst følger instruktioner i hvordan eleverne skal nå målene, samt et gennemarbejdet fagligt baggrundsmateriale. Lærervejledningen indeholder også en guide til procesorienteret (*formativ*) og afsluttende (*summativ*) evaluering.

Elevbøgerne (figur 9) varierer i forløbene fra fire-fem til ni i antal, afhængigt af om et undervisningsforløb er "stort" eller lille". Bøgerne er designet til at vække elevernes nysgerrighed, og de er rigt illustreret med et virkelighedsnært indhold der skal opmuntre eleverne til at foretage førstehåndsundersøgelser. Bøgerne sætter elevernes udforskende aktiviteter ind i kontekster fra det virkelige liv og leverer et fagindhold der kan være vanskeligt tilgængeligt i klasseværelset uden dem. Ofte følges – i narrativ form – et barn eller en voksen der stiller spørgsmål til naturen og undersøger den. Det kan være en forsker fra det virkelige liv, en madforsker, en geolog eller en



Figur 9. Et udvalg af de mange elevbøger fra Seeds/Roots®. © 2014 by the Regents of the University of California

kemiker. Det kan også være en historisk person som fx Galileo Galilei (se Cervetti, 2010). Bagerst i elevbøgerne findes en ordliste der forklarer vigtige naturfaglige begreber med enkle hverdagsord. Til bøgerne hører en læsevejledning som læreren kan hente gratis ned fra internettet.

Elevhæftet indeholder papirark med opgaver og til refleksioner. I dette kan eleverne lære at skrive naturfaglige tekster med forskere som rollemodel. Heri kan eleverne holde orden på deres resultater, skrive hvad de lærer af at læse elevbøgerne, samt notere spørgsmål, antagelser og observationer. Her kan de tegne figurer, udfylde tabeller, skrive forklaringer, sammenfatte evidens der understøtter deres forklaringer, og beskrive sine egne idéer.

Evalueringshæftet indeholder opgaver til testning af eleverne før og efter undervisning. Der er opgaver inden for kategorier som "naturfaglige begreber", "naturfaglige spørgsmål og undersøgelser" (*science inquiry*), "naturvidenskabens kendetegn" og "naturvidenskabelig praksis". Der er også opgaver inden for områder som "naturfagligt ordforråd", "naturfaglig skrivning", "læseforståelse" og "holdninger til naturfag".

I forløbene er indarbejdet en klar og gennemtænkt progression i forløbene, dels i hvert enkelt af dem, og dels gennem hele materialet på de ulige trin. For tiden udvikles der materiale efter en lignende model til amerikansk *Middle School, Grades 6-8*, og de første af disse er i skrivende stund under afprøvning i praksis.

The National Science Foundation i USA har støttet en stor del af udviklingsarbejdet med *S/R*, og på hjemmesiden <http://www.scienceandliteracy.org/> kan der læses mere om *S/R* og det tilhørende undervisningsmateriale.

Hvor i verden finder *S/R* anvendelse?

Tal fra 2012 viser at *S/R* bruges af tusindvis af lærere i 42 stater i USA og i mindst ni andre lande (Schunn, 2012). I øjeblikket vides *S/R* brugt i England, Spanien, Tunesien og Norge ved siden af USA, oplyser Wierman (T. Wierman, personlig kommunikation, 19. august 2014), mens flere lande som Irland, Japan, Tanzania, Sverige og nu Danmark, gennem mit arbejde, melder sin interesse.

Uden for USA gør især nordmændene en samlet indsats. På Naturfagscenteret, Universitetet i Oslo, har professor Marianne Ødegaard i samarbejde med Institut for Læreruddanning og Skoleforskning (ILS) og med støtte fra Norges Forskningsråd i årene 2010-13 ledet forsknings- og udviklingsprojektet *Forskerfætter og Leserøtter (F/L)* hvis moderprojekt er *S/R*. I *F/L* tilpasses læringsressourcerne fra *S/R* en norsk kontekst. Desuden udvikler *F/L* egne læringsressourcer (Ødegaard, 2011, s. 38) og afprøver materialet i norske skoler. Ifølge Grønli (2014) er det planen at omkring 2.000 norske lærere skal på kursus i løbet af de næste tre år for at lære at bruge materialet. Disse videreuddannelsesforløb er p.t. godt i gang (Naturfagscenteret, 2015). Undervisningsmaterialet fra *S/R* er ved at blive oversat til norsk, og materialet til seks forskellige undervisningsforløb foreligger allerede. Dette materiale er frit tilgængeligt på internettet for alle norske lærere som har deltaget på et kursus i *F/L*. Naturfagscenteret udvikler også udstyrskasser der passer til undervisningsforløbene når de bruges under norske forhold.

I 2012 modtog Jacqueline Barber en internationalt anerkendt pris fra *The International Society for Design and Development in Education (ISDDE)* for sit arbejde med *S/R* (Schunn, 2012). Det kan have gjort *S/R* kendt i flere lande end de her nævnte.

Hvad er de foreløbige erfaringer med *S/R*?

Alle undervisningsforløb fra *S/R* er grundigt afprøvet i praksis. Inden et forløb med de tilhørende læringsressourcer publiceres, afprøver lærere fra en række skoler i forskellige stater i USA forløbet sammen med deres elever og giver feedback tilbage til *Lawrence Hall of Science*, Berkeley. Dette gør det muligt at revidere undervisningsfor-

løbene så de er mere effektive og nemmere for nye lærere at implementere. Feedback fra lærere er indarbejdet i samtlige tilgængelige forløb.

Der er forsket på *S/R* på universitetsniveau i USA og Norge.

Ifølge Wiermann (2012) har over 300 lærere i USA deltaget i studier sammen med sine elever for at teste hvor effektive undervisningsforløbene er. *The National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing* (CRESST) ved *University of California*, Los Angeles (UCLA), har gennemført kontrollerede, randomiserede studier af i alt fire undervisningsforløb: to af forløbene til *Grades 2-3*, ét af forløbene til *Grades 3-4* og ét af forløbene til *Grades 4-5*. Overordnet er resultatet at elever der blev undervist med *S/R*, fik klart bedre resultater hvad angår naturvidenskabsfaglig forståelse af indhold og ordforråd end elever i kontrolgrupper.

Dette bekræftes af bl.a. Goldschmidt & Jung (2010) som har undersøgt dels effekter af forløbet *Light Energy*⁴ i *Grade 4* (kvantitativt), og dels læreres udbytte af at undervise i overensstemmelse med det (kvalitativt). 100 amerikanske lærere på 49 skoler deltog i undersøgelsen. Elever i klasseværelser hvor dette forløb blev brugt, klarede sig signifikant bedre end elever i kontrolklasser hvad angik naturvidenskabsfaglig indholdsforståelse, naturfagligt ordforråd og skriftlig formidlingsevne i naturfag. Generelt var materialet fra *S/R* effektivt i forhold til eleverne uafhængigt af lærernes baggrund og erfaring, og det blev godt modtaget af lærerne (ibid., s. 43).

Wang & Herman (2005) rapporter resultater af en undersøgelse af forløbene *Shoreline Science*⁵ og *Terrarium Investigations*⁶ ligeledes med en kvantitativ og kvalitativ tilgang. Den kvantitative undersøgelse bestod af et randomiseret effektstudie i 45 amerikanske klasseværelser med 44 kontrolklasser, og den kvalitative del var en interviewundersøgelse med 13 af de deltagende lærere der havde undervist med udgangspunkt i *S/R*. Resultaterne var positive og opmuntrende for begge disse undervisningsforløb (ibid., s. 36). Den kvantitative undersøgelse viste at forløbene fra *S/R* signifikant øgede elevernes læringsudbytte i naturfag samt deres naturfaglige ordforråd og læsefærdigheder. Den kvalitative undersøgelse viste at undervisning baseret på forløbene fra *S/R* engagerede og motiverede elever og lærere. Materialet fra *S/R* øgede også lærernes kundskaber i naturfag og hjalp dem med at lære nye undervisningsaktiviteter og -strategier i faget (ibid., s. 40). Alle interviewede lærere satte stor pris på materialet og ville gerne bruge det igen.

Duesbury, Werblow & Twymann (2011) undersøgte effekten af undervisning med undervisningsforløbet *Planets and Moons* i omkring 100 klasseværelser på 60 amerikanske skoler i ti stater i USA. Her deltog elever i *Grade 5*, herunder en undergruppe klassificeret som *English Language Learners* (tosprogede elever), i et kontrolleret,

4 Her kaldet *Lysets energi*.

5 Her kaldet *Kystlinjevidenskab*.

6 Har senere skiftet navn til *Soil Habitats*, her kaldet *Levesteder i jorden*.

randomiseret studie. Forfatterne fandt signifikante forskelle i læringsudbytte hos eleverne inden for områderne naturfaglig kundskab, naturvidenskabens kendetegn og naturfagligt ordforråd i favør af de elever som blev undervist med *S/R*. De mest slående resultater blev observeret for tosprogede elever der – hvis undervist med *S/R* – fik sammenligneligt eller større læringsudbytte end kontrolgruppen inden for områderne naturfaglig kundskab, naturfagligt ordforråd og læsning.

Inspireret af *S/R* ville nordmændene med projektet *Forskerfötter og Leserøtter (F/L)* fra 2010 undersøge, videreudvikle og tilpasse *S/R* til en norsk kontekst og derigennem ændre norsk undervisningspraksis i naturfag. Med *F/L* var der tale om et klasseværelsesnært forsknings- og udviklingsprojekt hvor lærere, elever og forskere var koblet tæt sammen. Erfarne lærere i norsk og naturfag gik på kursus og blev skolet i undersøgelsesbaserede arbejdsmetoder og grundlæggende sproglige færdigheder som de på en udforskende måde afprøvede med egne elever (Ødegaard, 2013, s. 35). Samtidig blev der arrangeret netværksmøder hvor lærerne udvekslede erfaringer og idéer og også de norske forskere deltog. Forskerne fulgte grundigt op på seks af disse lærere og deres elever ude på fire skoler i perioder på en-to uger. Der blev gennemført interviews med lærere og elever og foretaget observationer i klasseværelset med videooptagelser. Flere forskere deltog i projektet med forskelligt forskningsfokus (ibid.).

Den største ændring i forhold til det amerikanske projekt *S/R* var at det norske projekt *F/L* søgte at medinddrage feltarbejde (udendørs) som en central metode i naturfagsundervisningen idet *S/R* først og fremmest lægger op til naturfaglige aktiviteter indendørs. Desuden skulle materialet fra *S/R* i Norge afprøves i og tilpasses en norsk kontekst samt følges med forskning. Konkret var målet i *F/L* at undersøge hvordan samspillet mellem inden- og udendørsbaserede udforskende aktiviteter i naturfag og grundlæggende sproglige færdigheder kan forbedre læreres instruktionskompetence og elevernes læringsudbytte i naturfag. Studiet fokuserede primært på indskolings- og mellemtrin i grundskolen med et parallelstudie i eo-fag i gymnasiet (ibid.).

Resultaterne af de norske undersøgelser er beskrevet af Ødegaard (2013), Haug (2013), Sørvik (2013) og Mork (2013)⁷ m.fl. Jeg skal her nøjes med at referere at lærere ifølge Ødegaard (2013, s. 37) udtrykker stor glæde og begejstring for modellen med de tilhørende læringsressourcer. Eleverne viser øget engagement og motivation. Et eksempel er at når eleverne har ejerskab til deres data, viser de stort engagement i diskussion og formidling af resultater. Overordnet ser det ud til at det at kombinere læse-, skrive- og mundtlige færdigheder med få nøglebegreber og udforskende naturfagsaktiviteter, modelleret i en lærervejledning, giver god struktur, retning og støtte i læringsarbejdet for både elever og lærere (ibid.). Samtidig vil jeg fremhæve at projektet i øjeblikket vi-

7 Disse publikationer er sammen med andre publikationer fra *Forskerfötter og Leserøtter (F/L)* tilgængelige på Naturfagscenterets hjemmeside. http://www.naturfagscenteret.no/artikkel/vis.html?tid=2077497&within_tid=2075868.

dereføres til også at omfatte et forsknings- og udviklingsprojekt inden for norsk udskoling baseret på principperne fra *S/R* og *F/L*. I Norge bruges undervisningsforløbene fra *S/R* nu på alle trin fra 1.-7. klasse hvilket svarer til dansk 0.-6. klasse.

I figur 10 og 11 vises fotos fra en norsk 1. klasse der undervises med udgangspunkt i *S/R*.



Figur 10. I projektet “Forskerføtter og Leserøtter” arbejdede norske elever udforskende med udgangspunkt i *Seeds/Roots*®. Her undersøger elever i 1. klasse hinandens maver efter at have indtaget enten en frugt eller et glas vand. Er der forskel på de lyde man kan høre i maverne? Foto: Anne Cathrine Hammerborg



Figur 11. Resultaterne af undersøgelserne skrives op i en tabel på tavlen. Foto: Anne Cathrine Hammerborg

I Danmark har jeg selv afprøvet materiale fra *S/R* og *F/L* i to praktikker i folkeskolen. Erfaringerne bekræfter det positive billede der i denne artikel er givet af modellerne med de undervisningsforløb og -materialer der hører til. En forældre- og elevaften som afsluttede en af disse praktikker, er beskrevet af Nielsen (2015). Ud over dette har jeg observeret undervisning udført med *F/L* i norsk skole, og i min bacheloropgave på lærerstudiet interviewede jeg den norske forskningsleder fra *F/L* samt to andre centrale aktører fra projektet om samarbejdet mellem lærere og forskere i *F/L*.

Hvorfor *S/R* i Danmark?

I dette afsnit vil jeg argumentere for at det vil være hensigtsmæssigt at forske videre med udgangspunkt i *S/R* i Danmark samt at arbejde for at få læringsressourcerne videreudviklet i en dansk kontekst, oversat til dansk og gjort tilgængelige for danske lærere. I argumentationen bruger jeg de ovennævnte forskningsresultater fra USA og Norge og vægtlægger de nye *Forenklede Fælles Mål* i N/T der bliver obligatoriske i Danmark fra det kommende skoleår (2015/16).

S/R er dokumenteret positivt modtaget af både elever og lærere i offentlige skoler i USA og Norge, og læringsresultater opnået på baggrund af undervisning med modellen i disse lande har været gode. I Danmark argumenterer Laursen (2010) for at der er god grund til at formode at den internationale forsknings hovedresultater er gyldige også for undervisning i danske skoler. Det gør han med udgangspunkt i konkrete eksempler fra dansk skoleforskning (ibid.). På lignende måde antager jeg at forskningsresultaterne med *S/R* fra USA og Norge kan overføres til en dansk skolekontekst med god prognose. Mine egne erfaringer med *S/R* og *F/L* i to praktikker i den danske folkeskole styrker denne antagelse. Men da hvert land har sine skoletraditioner, skal det i danske kontekster undersøges i hvilken grad resultater med *S/R* og *F/L* fra USA og Norge kan overføres til den danske folkeskole, og på hvilken måde *S/R* i detaljer kan understøtte danske elevers læring i N/T før noget kan vides med sikkerhed.

Allerede på nuværende tidspunkt er det dog muligt at afveje *S/R* i forhold til de *Forenklede Fælles Mål* i N/T som danske lærere sammen med opdaterede fagformål, læseplan og vejledning for faget er forpligtet på fra det kommende skoleår. Dette materiale er tilgængeligt på EMU Danmarks Læringsportal (2015).

Forenklede Fælles Mål, som jeg herefter vil forkorte til ffm, er bygget op omkring de fire kompetenceområder "undersøgelse", "modellering", "perspektivering" og "kommunikation". En kompetenceudvikling kræver ifølge Illeris (2014, s. 81) størst mulig kontakt med de praksisfelter kompetenceudviklingen drejer sig om. Det kræver ligeledes refleksion og eftertanke som kan fastholde den udviklede kompetence og brede den ud til at kunne anvendes i et bredt spektrum af kendte og nye situationer (ibid.,

s. 82.). At lade forskeres praksis og måder at reflektere over naturfaglige fænomener på være en naturlig del af elevernes kompetenceudvikling i N/T som man gør i S/R, synes således hensigtsmæssigt.

S/R passer til kompetenceområderne i ffm. Områderne “undersøgelse” og “kommunikation” er centrale i undervisningsforløbene, og “modellering” indgår jævnlgt. Et eksempel på modellering i S/R er vist nedenfor i forbindelse med forløbet *Chemical Reactions*. “Perspektivering” er ligeledes centralt i forløbene idet eleverne i S/R lærer at genkende natur og teknologi i sin hverdag samt relatere sin viden til andre kontekster. De fire kompetencer som eleverne skal udvikle i N/T, er i princippet de samme som forskere arbejder ud fra.

Konkrete eksempler fra hvert af de fire kompetenceområder i ffm kan hentes i undervisningsforløbet *Chemical Changes* (Amplify, 2014). Dette forløb vil i Danmark kunne bruges i 5.-6. klasse og består af to undersøgelsesbaserede forløb a ti timer. I lærervejledningen (s. C1) beskrives forløbene således (min oversættelse):

“I det første forløb “Chemical Reactions” læser eleverne elevbogen “Chemical Reactions Everywhere” om kemiske reaktioner som de fleste elever kender fra deres hverdag. De bruger læringsstrategien “at stille spørgsmål” til at læse med større opmærksomhed, og de lærer at det at stille spørgsmål er en vigtig del af måden at arbejde videnskabeligt på. Eleverne kombinerer fire stoffer i en forseglet pose og observerer hvordan blandingen hurtigt skifter farve, udvider sig og bobler. Dette kaldes “Varme Gul Gas (VGG)”-reaktionen. Eleverne gennemfører et guidet eksperiment der sammenligner de kemiske reaktioner når fenolrødt bruges i blandingen, og når det ikke bruges. Eleverne reflekterer over forbindelserne mellem de fagbegreber de har lært. De introduceres til forestillingen om at alt stof er sammensat af atomer, og overvejer hvilke forskellige slags atomer der er involveret i VGG-reaktionen. De laver atom- og molekylemodeller som en hjælp til at visualisere hvad der foregår i eksperimentet. De læser elevbogen “What happens to the atoms?” der har fokus på atomerne i forskellige reaktioner. De analyserer reaktanterne og produkterne i VGG-reaktionen mens de bruger hvad de har lært i bogen. De begynder at brainstorme spørgsmål de kunne tænke sig at finde svar på gennem egne eksperimenter.

I det andet forløb “Gennemfør eksperimenter” læser eleverne bogen “Bursting Bobbles: The Story of an Improved Investigation” om to opdigtede, unge forskere. Bogen modellerer den proces eleverne efterfølgende vil følge når de planlægger og gennemfører deres egne undersøgelser. Eleverne lærer at udtænke spørgsmål der lader sig undersøge videnskabeligt, samt at udarbejde tabeller til registrering af data. Gruppevis beslutter eleverne hvordan de vil udforske udvalgte spørgsmål og planlægge deres egne eksperimenter mens de bruger bogen som kilde. De udarbejder hypoteser og reviderer deres arbejdsprocedurer. Procedurerne omfatter materialer, målinger og de næste skridt som eleverne vil følge. Eleverne gennemfører deres egne eksperimenter og skriver videnskabelige forklaringer der dels trækker på

kildematerialet, og dels på data fra de selvstændige undersøgelser. Til sidst gør eleverne klar til en videnskabelig konference i klasseværelset ved at læse bogen "Communicating Chemistry". Den handler om en kemiker der forbereder sig til at dele resultaterne af sit arbejde med det videnskabelige samfund. Eleverne laver deres egne posters og forbereder sig på at præsentere dem. De gennemfører præsentationen sammen med klassen og besvarer spørgsmål på lignende måder som forskere gør på konferencer. Eleverne tager vare på spørgsmål de stadigvæk har, og diskuterer måder at undersøge dem på."

I *Chemical Changes* er de fagspecifikke færdigheds- og vidensmål for 5.-6.-klassetrin, "Eleven kan med enkle modeller forklare enkelte stoffers molekyløbygning", og "Eleven har viden om nogle atomer og molekyler", dækket godt ind. Samtidig sættes elevernes undersøgelses-, modellerings-, perspektiverings- og kommunikationskompetencer afvekslingsvis i spil.

I *S/R* er naturfaglige og fagspecifikke mål konstant og afvekslende i spil. Dette passer til den danske læseplan i N/T (s. 3) der understreger betydningen af hvordan der i naturfagene (herunder i N/T) skal arbejdes med to typer mål. De *naturfaglige* mål beskriver de arbejdsmetoder og processer som er fælles for naturfagene. Disse mål er udfoldet i forskellige færdigheds- og vidensområder, og i et undervisningsforløb kan flere af de naturfaglige mål blive inddraget. De *fagspecifikke* mål beskriver det enkelte fags særskilte stofindhold. Ved planlægningen af undervisningen skal begge typer af mål inddrages således at kompetencerne udvikles i et samspil mellem de naturfaglige og de fagspecifikke mål (ibid.).

En central vision for N/T-undervisningen i Danmark er beskrevet i læseplanen (ibid.):

"Nysgerrighed, arbejdsglæde, kreativitet og udforskning skal have plads og tid til at udvikle sig. Undervisningen baseres fortrinsvis på elevernes egne oplevelser og undersøgelser, og på alle klassetrin kombineres elevernes aktiviteter med eftertanke, dialog, faglig viden og kunnen".

I de undervisningsforløb som *S/R* omfatter, kan elevernes nysgerrighed, arbejdsglæde, kreativitet og udforskende aktiviteter få plads og tid til at udvikle sig. Undervisning med *S/R* er baseret på elevernes egne oplevelser og undersøgelser, og aktiviteter kombineres målrettet med eftertanke, dialog, faglig viden og kunnen. Udgangspunktet for *S/R* er en målsætning om at pirre elevernes nysgerrighed (Wireless Generation, 2012).

Af de tre tværgående emner i N/T som læseplanen beskriver, er emnerne "Sproglig Udvikling" (s. 17) og "Innovation og Entreprenørskab" (s. 18) godt dækket ind gennem *S/R*. Derimod har digitalisering ("It og medier", s. 17) ikke været i fokus da materialet

blev udarbejdet. It og medier er dermed et område hvor materialet fra *S/R* med stor fordel kan videreudvikles i Danmark.

For at danske elever skal få maksimalt udbytte af *S/R*, bør *S/R* på flere punkter videreudvikles i Danmark og tilpasses en dansk kontekst. I min argumentation for *S/R* i Danmark går jeg således ikke ind for en mekanisk overførsel af *S/R* til en dansk kontekst. Det grundlæggende koncept skal fastholdes, men ligesom nordmændene har haft behov for at videreudvikle og tilpasse *S/R* til en norsk sammenhæng, vil vi i Danmark have behov for tilsvarende i en dansk. Hvis *S/R* skal levere bidrag til N/T-undervisningen i danske skoler, forudsætter det også at undervisningsmaterialerne bliver oversat til dansk.

I USA er *S/R* udviklet til alene at omfatte indendørsaktiviteter, og det skal i dansk sammenhæng udvides til at også at omfatte udendørsaktiviteter, herunder feltarbejde og gerne udeskole. Museumsbesøg og samarbejde mellem skole, naturvejledere, næringsliv, lokale forskere m.fl. kan inddrages. Desuden kan "It og medier" som nævnt inddrages i *S/R* i langt større grad end tilfældet er i dag.

Læringsressourcerne fra *S/R* dækker kompetenceområderne i ffm og en række af færdigheds- og vidensmålene. De dækker *ikke* samtlige færdigheds- og vidensmål i ffm, så hvis *S/R* skal implementeres i Danmark, både kan og skal andet undervisningsmateriale supplere det. Det er også muligt at videreudvikle *S/R* i Danmark til at dække endnu flere færdigheds- og vidensmål i ffm end tilfældet er i dag.

I Norge er forløbene "Prikker, striper og lag på lag" (Frøyland & Hammerborg, 2014) og "Dinosaurer fra geologisk tid"⁸ udviklet efter inspiration fra *S/R* og *F/L*, og andre eller lignende forløb kan udvikles i Danmark efter egen og norsk model.

En dansk tilpasning og videreudvikling af *S/R* bør følges med forskning, så vi kan samle evidens for hvordan *S/R* modtages i Danmark, og hvad deltagerne lærer derigennem, og for at vi kan bidrage med de danske forskningsresultater til det internationale samfund.

Konklusion

I artiklen har jeg formidlet min forståelse af hvad *Seeds of Science/Roots of Reading*® (*S/R*) er, hvor i verden modellen bruges, hvilke erfaringer der er gjort med den, samt hvilken betydning jeg vurderer at modellen kan få for undervisning og læring i N/T i de danske skoler.

S/R er en forskningsbaseret og prisbelønnet multimodal amerikansk undervisningsmodel der baserer sig på *Inquiry Based Science Education (IBSE)* i praktiske og tekstbaserede undersøgelser. Eleverne lærer at sammenligne deres aktiviteter i klasseværelset

8 Dette materiale er frit tilgængeligt på internettet for norske lærere der har været på kursus i *Forskerfætter og Leserøtter*.

med forskeres arbejder, og i fokus er eksplicit læring, klare mål og begrebslæring. *S/R* er en varieret, tværfaglig indsats der kombinerer N/T med sprogundervisning. Slagordet er *Do it! Talk it! Read it! Write it!*

S/R bruges i 42 stater i USA, i Norge og i mindst fire andre lande. Undervisningsmaterialet fra *S/R* oversættes i øjeblikket til norsk, og seks af forløbene er allerede oversat. Alle undervisningsforløb fra *S/R* er afprøvet grundigt i praksis, og der er forsket på modellen i USA og Norge med gode resultater. Modellen er positivt modtaget af lærere og elever, og også praktikerfaring fra den danske folkeskole viser positive resultater.

Det er min opfattelse at *S/R* kan bidrage til at forny dansk lærings- og undervisningspraksis i N/T til gavn for elever, lærere og samfund. Det vil kræve et indledende forsknings- og udviklingsarbejde i en dansk kontekst og en efterfølgende oversættelse af materialet til dansk sprog under forudsætning af at forsknings- og udviklingsarbejdet viser at *S/R* giver god mening i dansk skolepraksis.

S/R passer til de *Forenklede Fælles Mål* i N/T som bliver obligatoriske i Danmark fra det kommende skoleår (2015/16). Med god prognose kan *S/R* være med til at kvalificere dansk N/T-undervisning på en autentisk måde for elever og lærere.

Referencer:

- Amplify (2013). *Seeds of Science/Roots of Reading®: A Better Way to Teach Science and Literacy* (s. 4). Brooklyn: Amplify Education.
- Amplify (2014). *Chemical Changes: An Integrated Science and Literacy Unit. Teachers Guide*. Brooklyn: Amplify Education.
- Barber, J. (2007). *Jess Makes Hair Gel*. Brooklyn: Wireless Generation.
- Beals, K. & Pearson, D. (2007): *What if Rain Boots Were Made of Paper?* Nashua: Delta.
- Cervetti, G. (2010). *Why Do Scientists Disagree?* Brooklyn: Wireless Generation.
- Duesbury, L., Werblow, J. & Twymann, T. (2011). *The Effect of the Seeds of Science/Roots of Reading Curriculum (Planets and Moons Unit) for Developing Literacy through Science in 5th Grade*. Los Angeles: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST). Lokaliseret den 23. juni 2015 på: http://scienceandliteracy.org/sites/scienceandliteracy.org/files/biblio/Final_Planets_and_Moons.pdf.
- Goldschmidt, P. & Jung, H. (2010). *Evaluation of Seeds of Science/Roots of Reading: Effective Tools for Developing Literacy through Science in the Early Grades*. Los Angeles: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST). Lokaliseret den 23. juni 2015 på: http://www.scienceandliteracy.org/sites/scienceandliteracy.org/files/biblio/seeds_eval_in_cresst_deliv_fm_060210_pdf_21403.pdf.
- EMU Danmarks Læringsportal (2015). *Natur/teknologi: Fælles Mål, læseplan og vejledning*. Lokaliseret den 23. juni 2015 på:

- <http://www.emu.dk/modul/naturteknologi-f%C3%A6lles-m%C3%A5l-l%C3%A6seplan-og-vejledning>.
- Grønli, K.S. (2014). *Slik skal elevene bli flinkere i naturfag*. Forskning.no. Lokaliseret den 23. juni 2015 på: <http://forskning.no/barn-og-ungdom-pedagogiske-fag-samfunnskunnskap-skole-og-utdanning/2014/03/slik-skal-elevene-bli>.
- Frøyland, M. & Hammerborg, A. (2014): *Prikker, striper og lag på lag*. Lokaliseret den 23. juni 2015 på: <http://www.naturfag.no/undervisningsprogram/vis.html?tid=2060146>.
- Haug, B. (2013). Begrepsinnlæring i Forskerfötter og leserötter. *Naturfag*, 1, s. 38-39.
- Illeris, K. (2014). Identitetsudvikling og transformativ læring. I: Illeris, K. (red.) (2014). *Læring i konkurrencestaten*, København: Samfundslitteratur.
- Laursen, P.F. (2010). God og effektiv undervisning. I: *Effektiv undervisning*. København: Gyldendal, s. 58-60.
- Mork, S. (2013). Lesing med Forskerfötter og leserötter. *Naturfag*, 1, s. 42-43.
- Naturfagsenteret. (2015). *Forskerfötter og leserötter. Etterutdanning*. Lokaliseret den 23. juni 2015 på: http://www.naturfagsenteret.no/c1520015/artikkel/vis.html?tid=2077495&within_tid=2075868.
- Nielsen, H. (2015). Stenfest efter lang forberedelse. *Bornholms Tidende*, 13. februar, s. 3.
- Schunn, C. (2012). *The 2012 ISDDE Prize for Excellence in Educational Design*. Lokaliseret den 23. juni 2015 på: <http://www.isdde.org/isdde/prize/prize12.htm>.
- Sørvik, (2013). Hvordan kan tekst brukes til utforskning i naturfag? *Naturfag*, 1, s. 40-41.
- Wang, J. & Herman. J. (2005). *Evaluation of Seeds of Science/Roots of Reading project: Shoreline Science and Terrarium Investigations*. Los Angeles: University of California, National Research Center of Evaluation, Standards and Student Testing (CRESST). Lokaliseret den 23. juni 2015 på: http://scienceandliteracy.org/sites/scienceandliteracy.org/files/biblio/wang_herman_2005_cresst_pdf_21395.pdf.
- Wierman, T. (2012): *Seeds of Science/Roots of Reading: An Integrated Approach to Science and Literacy Instruction*. Las Vegas: Successful STEM Education, Workshop presentation (19. september 2012). Lokaliseret den 23. juni 2015 på: <http://successfulstemeducation.org/resources/seeds-science-roots-reading-integrated-approach-science-and-literacy-instruction>.
- Wireless Generation. (2012). *Seeds of Science/Roots of Reading®: Program Overview, Program Components and Features* (s. A19). Brooklyn: Wireless Generation.
- Ødegaard, M. (2010). Forskerfötter og leserötter: Sentrale didaktiske prinsipper. *Kimen*, 1, 4-12.
- Ødegaard, M. (2011). Forskerfötter og leserötter: Et tilpasningsdyktig prosjekt i naturfag. *Bedre Skole*, 4, 39.
- Ødegaard, M. (2013). Forskerfötter og leserötter, *Naturfag*, 1, 35-37.

English abstract

This article introduces the Seeds of Science/Roots of Reading® learning approach in elementary education to Danish readers. The Seeds/Roots® approach is research based and integrates inquiry science and disciplinary literacy. Students compare their activities to the work of real scientists. Seeds/Roots® units have been positively received by students and teachers, and teaching with Seeds/Roots® has shown promising results. The article argues that it would be appropriate to do further research based on Seeds/Roots® in Denmark, as well as working to get the units developed in a Danish context, translated into Danish and made accessible for Danish teachers.